FICHE TECHNIQUE

SOLS GÉNIE AGRICOLE

COMMANDE N° 05-074

NOVEMBRE 2005

AGDEX 720/500

Ontario Ministère de l'Agriculture de l'Alimentation et des Affaires rurales

# RÉPERCUSSIONS ENVIRONNEMENTALES DE L'UTILISATION D'AZOTE EN AGRICULTURE

**K. McKague, K. Reid et H. Simpson**

L'azote est un élément abondant dans la nature. À l'état gazeux ($N_2$), il constitue environ 78 % de l'atmosphère terrestre. Comme l'azote est soumis à un cycle naturel dans l'air, le sol et l'eau, il subit différentes transformations chimiques et biologiques. Ces réactions amènent la production de molécules et de composés azotés qui sont indispensables à la croissance des végétaux, des animaux et des humains. L'agriculture est tributaire, en partie, du cycle de l'azote qui s'opère en milieu rural.

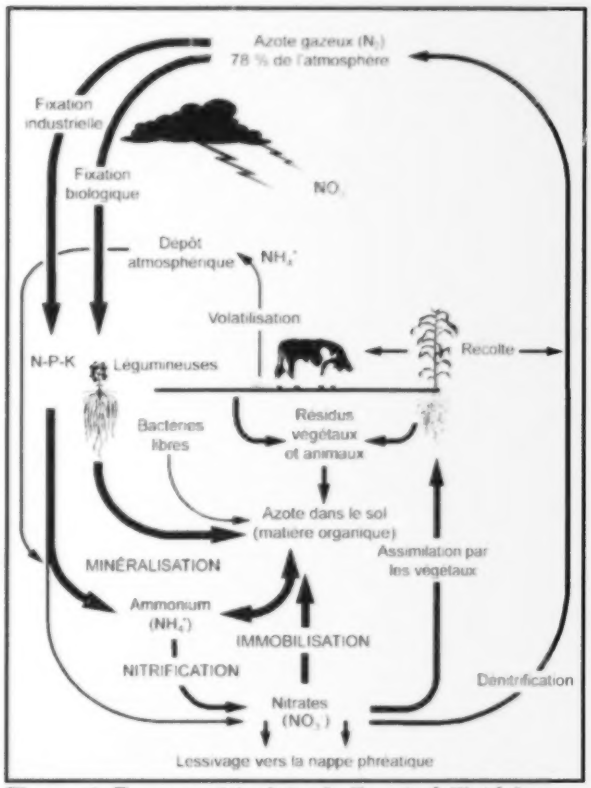


**Figure 1. Formes et trajets de l'azote à l'intérieur du système de production agricole.**

La figure 1 illustre les formes et les trajets qu'emprunte l'azote (N) au cours de son cycle dans un système de production agricole. Avant de pouvoir être assimilé par les végétaux, l'azote doit d'abord être converti en une forme bioassimilable, au cours d'un processus appelé minéralisation. Assimilé par les racines des végétaux, l'azote minéralisé entre dans la composition de protéines végétales et d'autres substances organiques azotées. Les animaux d'élevage consomment les cultures et produisent des déjections qui retournent au sol une part de l'azote sous formes organique et minérale, sous lesquelles il peut à nouveau servir aux cultures.

L'idéal sur les plans économique et environnemental serait que la totalité de l'azote soit ainsi recyclée aux fins de la production alimentaire. Malheureusement, les pertes d'azote sont inévitables. D'ailleurs, si elles sont trop importantes, elles peuvent même nuire à l'environnement.

La présente fiche technique traite des répercussions environnementales à prévoir quand certaines formes d'azote agricole se retrouvent dans les eaux de surface, les eaux souterraines et l'air. On y décrit les pratiques de gestion optimales qui visent à réduire au minimum les pertes d'azote.

## NITRATES

Les nitrates ($NO_3^-$) sont une forme extrêmement soluble de l'azote. Les nitrates ne se lient pas à la surface des minéraux argileux. Ils ne forment de composés insolubles avec aucun des éléments qu'ils croisent au cours de leur migration dans le sol. Du fait de leur solubilité, les nitrates sont facilement emportés par l'eau du sol vers les racines des végétaux qui les assimilent. Toutefois, si une grande quantité d'eau pénètre dans la zone racinaire et la traverse, le $NO_3^-$ risque d'être emporté avec l'eau de percolation au delà de la zone racinaire. Cette migration verticale et latérale à travers la zone racinaire et éventuellement vers le réseau de drainage souterrain est causée

par l'infiltration de l'eau de pluie ou de l'eau de fonte. Cette perte d'éléments nutritifs (aussi appelée lessivage) survient à des moments de l'année ou à des endroits d'un champ où la quantité de pluie ou de neige fondue excède la quantité d'eau perdue par évapotranspiration, et où le sol frôle son point de saturation. Dans ces conditions, l'eau qui s'infiltre dans le sol alimente la nappe phréatique ou le réseau de drainage souterrain, emportant les nitrates avec elle.

Les Normes de qualité de l'eau potable de l'Ontario (NQEPO) établissent à 10 mg/L (10 parties par million) la concentration maximale admissible de $NO_3^-$–N dans l'eau potable en Ontario. Selon les études publiées depuis les années 1950 dans des revues scientifiques, jusqu'à 15 % des puits dans les régions rurales de l'Ontario présenteraient des concentrations de nitrates supérieures à la NQEPO de 10 mg de $NO_3^-$–N/L. Une étude de la qualité de l'eau sur les fermes menée au début des années 1990 en vient à la même conclusion. Des chercheurs en médecine concluent qu'une concentration de 10 mg/L dans l'eau potable permet d'éviter le syndrome du bébé bleu chez les nouveau-nés. Récemment, des recherches suggèrent que des concentrations constamment élevées de nitrates dans les eaux de surface peuvent être préjudiciables à certaines formes de vie aquatique, surtout aux amphibiens. La Province envisage actuellement d'inclure les nitrates dans les Objectifs provinciaux de qualité de l'eau (OPQE).

## NITRITES

Les nitrites ($NO_2^-$) sont produits naturellement par la conversion de l'ammonium en nitrates. Les nitrites s'accumulent rarement dans les sols, car la conversion des nitrites en nitrates s'effectue généralement beaucoup plus vite que la conversion de l'ammonium en nitrites. Les nitrites se déplacent dans le sol de la même façon que les nitrates jusque dans les nappes d'eaux souterraines.

Les NQEPO fixent à 1 mg/L (1 partie par million) la concentration maximale admissible de $NO_2^-$ dans l'eau potable en Ontario. Les concentrations de nitrites dans l'eau potable ne doivent pas dépasser cette valeur. Les Recommandations canadiennes pour la qualité de l'eau en vue de la protection de la vie aquatique fixent à 0,06 mg/L (60 µg/L ou parties par milliard) la limite maximale de nitrites. Même si les nitrites sont beaucoup plus toxiques que les nitrates pour les organismes aquatiques, les nitrites ont tendance à se convertir rapidement en nitrates.

## AMMONIAC

L'ammonium ($NH_4^+$) se lie à la surface de particules de sol chargées négativement (surtout des particules d'argile). La concentration d'ammonium dans le sol est généralement assez faible (< 1 mg/kg), car l'ammonium est rapidement converti en nitrates sous des conditions propices à la minéralisation. Les cas où il y a épandage de grandes quantités d'engrais renfermant de l'ammonium (ammoniac anhydre, urée ou sulfate d'ammonium) ou de grandes quantités de fumier font exception à cette règle. Il peut arriver que des précipitations abondantes évacuent cet ammonium concentré du champ vers les eaux de surface. Une petite partie de l'ammonium peut être convertie en ammoniac non ionisé ($NH_3$) et causer des préjudices aux poissons. Les conditions propices à la production d'ammoniac sont un pH alcalin et des températures élevées de l'eau.

Contrairement aux nitrates et aux nitrites, l'ammoniac dans l'eau potable ne constitue pas une menace pour la santé des humains. Il reste qu'à partir de certaines concentrations, l'ammoniac est toxique pour les poissons. Les OPQE visant l'ammoniac non ionisé dissous préconisent un maximum de 20 µg/L.

## PERTES NATURELLES INHÉRENTES AU CYCLE DE L'AZOTE

En plus des pertes de nitrates par lessivage, il se perd de l'azote naturellement par les phénomènes de la volatilisation et de la dénitrification de l'ammoniac. La volatilisation de l'ammoniac se produit quand du fumier ou un engrais renfermant de l'ammoniac (notamment l'urée) est épandu à la surface du sol sans être mélangé au sol. Environ la moitié de l'azote ammoniacal tiré du fumier peut être ainsi perdu dans l'air si le temps est chaud et sec, ce qui réduit d'autant la valeur fertilisante du fumier épandu. Toutefois, les concentrations d'ammoniac libérées en plein air ne sont pas suffisamment grandes pour causer des problèmes de santé ou des problèmes environnementaux et la plus grande partie de l'ammoniac ainsi libéré se déposera quelques centaines de mètres plus loin. Par contre, quand l'ammoniac est libéré à l'intérieur (dans un bâtiment d'élevage ou dans une structure de stockage de fumier), les concentrations d'ammoniac peuvent atteindre des niveaux toxiques et font craindre qu'une partie de cet ammoniac contribue à la production de fines particules qui entraînent une diminution de la qualité de l'air.

La dénitrification est un processus naturel par lequel les microbes présents dans la zone racinaire utilisent l'oxygène que renferment les nitrates lorsque le sol renferme trop peu d'oxygène. Ce processus convertit les nitrates en formes gazeuses de l'oxygène, essentiellement en $N_2$, mais aussi en oxyde de diazote ($N_2O$) ou en monoxyde d'azote (NO). Les conditions propices à la dénitrification à l'intérieur de la zone racinaire sont les sols à texture fine qui se drainent lentement, les sols riches en carbone (qui alimentent les microbes) et les sols saturés à cause d'une nappe phréatique élevée ou de précipitations abondantes. La dénitrification peut aussi se produire dans les eaux souterraines et les eaux de surface (voir figure 1). Dans certains aquifères, la dénitrification peut provoquer une conversion complète des nitrates en azote

gazeux dissous inoffensif pour les écosystèmes aquatiques et la santé humaine. On ne peut toutefois compter sur la dénitrification pour éliminer tout l'azote emporté par lessivage vers la nappe phréatique ou emporté par ruissellement vers les eaux de surface.

## SOLUTIONS DE GESTION À LA FERME

Quand l'azote quitte la zone racinaire, il peut nuire à la qualité des eaux souterraines et à celle des eaux de surface. La façon de réduire ce risque consiste à pratiquer une gestion efficace de l'azote à la ferme en veillant à ce que le plus possible de l'azote bioassimilable soit effectivement utilisé au profit des cultures, des animaux et de la santé du sol. Les solutions de gestion envisageables dépendent des caractéristiques de la ferme. L'élaboration d'un plan de gestion des éléments nutritifs (PGEN) est un bon moyen de déterminer ces caractéristiques. Les sections qui suivent décrivent des méthodes générales et particulières pour réduire la migration des nitrates vers les eaux souterraines ou la migration de l'ammoniac vers les eaux de surface.

### Réduire la charge totale en azote

- Veiller à ce que les rations des animaux ne renferment pas plus d'éléments nutritifs qu'il n'est nécessaire pour atteindre les objectifs de production. Non seulement, ce principe fait-il économiser de l'argent, mais il évite également qu'une quantité excessive d'azote ne se perde dans le fumier.
- Utiliser dans la mesure du possible d'abord l'azote provenant de sources disponibles à la ferme (p. ex. fumier) avant d'utiliser de l'azote d'autres sources.

### Prévenir le ruissellement d'eaux contaminées par du fumier ou d'autres d'éléments nutritifs

- Stocker convenablement le fumier jusqu'au moment de l'épandage. Veiller à ce que les critères relatifs au choix du site, à la conception et aux dimensions de la structure de stockage soient respectés.

### Gérer les épandages et les risques de lessivage des nitrates vers les eaux souterraines

- Là où des épandages sont prévus, déterminer les champs et les zones sensibles aux épandages azotés. C'est le cas notamment des sols sableux ou graveleux et des sols peu profonds par rapport à l'aquifère, qui sont plus sensibles au lessivage de l'azote.
- Faire coïncider les apports d'azote avec les besoins des cultures. Au besoin, faire analyser la teneur du sol en azote au printemps ou avant un épandage en bandes latérales (p. ex. dans le maïs ou l'orge).
- Tenir compte dans le plan de gestion des éléments nutritifs des apports d'azote attribuables aux cultures d'engrais vert et aux cultures antérieures comprises dans la rotation.
- Tenir compte dans le plan de gestion des éléments nutritifs des apports d'azote attribuables aux épandages de fumier ou de biosolides.
- Épandre la plus grande partie de l'azote juste avant la période où les végétaux en assimileront le plus (p. ex. au moment de l'épandage en bandes latérales dans le maïs).
- Fractionner les épandages d'azote par des techniques comme la fertirrigation.
- Pratiquer la rotation des cultures afin d'utiliser l'azote le plus efficacement possible et de maintenir la santé du sol.
- Établir, au besoin, des cultures de couverture afin de fixer le plus possible d'azote à la fin de la saison.

### Gérer les épandages d'éléments nutritifs de manière à éviter les pertes d'ammonium dans les eaux de surface

- Incorporer le fumier au moment opportun, en jaugeant les risques de compactage du sol par rapport aux risques de pertes d'azote dans l'atmosphère si le fumier n'est pas incorporé rapidement.
- Éviter d'épandre du fumier près d'eaux de surface ou sur des terrains très en pente.
- Respecter des taux d'épandage suffisamment faibles pour éviter le ruissellement.
- Mélanger le fumier avec le sol le plus tôt possible après l'avoir épandu.
- Sur des champs pourvus de drains souterrains, maintenir les taux d'épandage de fumier liquide en deçà de 40 $m^3$/ha (3 600 gal/ac) ou travailler les champs au préalable. Le travail préalable du sol évite que le fumier ne s'infiltre directement dans les drains souterrains par les anfractuosités du sol ou les galeries creusées par les vers de terre.
- Aménager des bandes tampons et des structures de lutte contre l'érosion pour filtrer les eaux de ruissellement avant qu'elles ne gagnent un plan d'eau. Il a été démontré qu'une bande tampon aménagée dans une zone riveraine réduit la quantité d'éléments fertilisants qui gagnent le cours d'eau à la faveur du ruissellement superficiel. Les bandes tampons retiennent les éléments nutritifs excédentaires avant qu'ils ne contaminent les eaux de surface et favorisent la dénitrification dans le sol. Voir la figure 2 ainsi que le fascicule de la série « Les pratiques de gestion optimales » intitulé *Bandes tampons,* BMP 15F, pour mieux comprendre les zones riveraines.

## L'INDICE-AZOTE : COMPOSANTE DU LOGICIEL DE GESTION DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS DE L'ONTARIO

Le logiciel de gestion des éléments nutritifs appelé NMAN a été élaboré pour aider les producteurs à préparer leurs plans de gestion des éléments nutritifs.

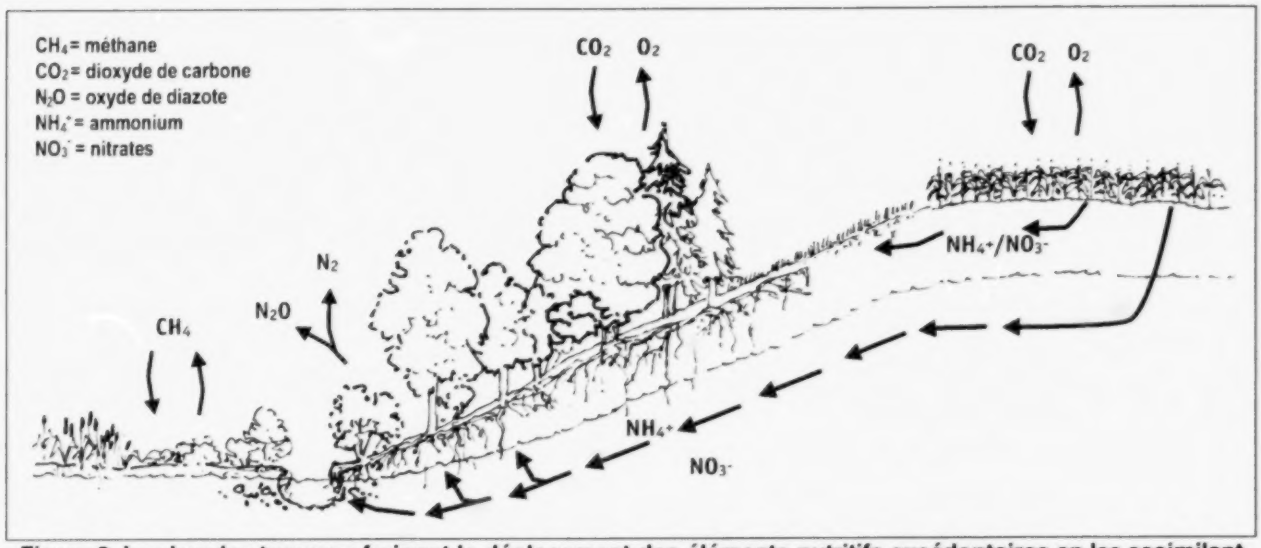


**Figure 2. Les bandes tampons freinent le déplacement des éléments nutritifs excédentaires en les assimilant avant qu'ils ne pénètrent dans les eaux de surface. Elles favorisent aussi la dénitrification dans le sol.**

L'indice-azote ou indice-N est un outil compris dans le logiciel NMAN, utile à l'évaluation des risques de lessivage des nitrates qui accompagnent certaines pratiques culturales. Le logiciel NMAN utilise les caractéristiques du profil de sol pour évaluer les risques de lessivage des nitrates à la grandeur du champ. L'indice-N peut évaluer l'effet d'un type de fumier, du choix du moment de l'épandage et du taux d'épandage de fumier sur le lessivage. L'équilibre des éléments nutritifs calculé par le logiciel NMAN aide aussi à déterminer l'efficacité des épandages d'azote sur un champ. Pour plus d'information sur la gestion de l'azote, voir les fascicules suivants de la série « Les pratiques de gestion optimales » :

- *Gestion des éléments nutritifs*, BMP 05F
- *Planification de la gestion des éléments nutritifs*, BMP 14F
- *Bandes tampons*, BMP 15F

Un maximum d'efficience est le secret de la gestion des sources d'azote, y compris le fumier d'élevage et les engrais, d'où l'importance d'adopter des pratiques de gestion agricole qui tiennent compte de la capacité des sols et des cultures à prélever l'azote. Cette façon de procéder garantit la viabilité des ressources en eau de l'Ontario et en préserve les utilisations futures.

Pour plus d'information, visiter le site Web du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario au www.omafra.gov.on.ca ou composer le 1 888 466-2372.

La présentefiche technique a été rédigée par **Kevin McKague**, ingénieur, Environnement rural, **Keith Reid**, spécialiste de la fertilité des sols, et **Hugh Simpson**, analyste, Politiques de gestion des ressources, MAARO. Elle a été révisée par Christoph Wand, Direction des techniques d'élevage, et Stewart Sweeney, Ph.D., Direction des politiques et des programmes environnementaux, MAARO.

Centre d'information agricole
1 877 424-1300
*ag.info@omafra.gov.on.ca*

**www.omafra.gov.on.ca**

POD
ISSN 1198-7138
Also available in English
(Order No. 05-073)

Ontario

*0121010050 74*